



Revista Industrial
y Agrícola de
Tucumán

ISSN 0370-5404

En línea
1851-3018

Tomo 102 (1):
12-15; 2025



ESTACION EXPERIMENTAL
AGROINDUSTRIAL
OBISPO COLOMBRES
Tucumán | Argentina

Av. William Cross 3150
T4101XAC - Las Talitas.
Tucumán, Argentina.

Trabajo presentado
en el XXXII ISSCT
Centennial
Congress, 24 al 28
de agosto de 2025,
Cali, Colombia,
traducido al
castellano.

Fecha de
recepción:
18/08/2025

Fecha de
aceptación:
19/08/2025

Un enfoque de mejora continua en la producción de vitroplantas de caña de azúcar en la EEAOC

M. Elena Díaz*, Andrea N. Peña Malavera*, Ana M. Cerviño Dowling*, M. Francisca Perera* y Aldo S. Noguera*

* Instituto de Tecnología Agroindustrial del Noroeste Argentino (ITANOA), Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CCT NOA Sur.
Email: mediazmicales@eeaoc.org.ar

RESUMEN

El Proyecto Vitroplantas de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) se inició en 2001 y suministra “caña semilla” de alta calidad (sana, vigorosa y con identidad genética garantizada) al sector agrícola. Esto se logra con diferentes herramientas biotecnológicas, que incluyen la hidrotermoterapia, la micropropagación y técnicas moleculares. En 2016, la aplicación de la norma ISO 9001 mejoró el proceso de producción al evaluar la efectividad en cada etapa para lograr un uso eficiente de los recursos humanos y materiales. La eficiencia productiva de las vitroplantas de caña de azúcar durante 2023 se analizó utilizando las tasas de multiplicación, la duración de cada subcultivo, el porcentaje de material de cada etapa de multiplicación transferido a enraizamiento y los porcentajes de pérdidas. La tasa de multiplicación promedio varió entre 3,45 y 4,97, con tasas máximas de 5 a 10,5 para diferentes variedades. Las tasas de multiplicación por subcultivo y variedad oscilaron entre 3,34 y 4,86, con la tasa más alta en la etapa M2 y las más bajas en los subcultivos más avanzados. Además, el tiempo en cada subcultivo aumentó a partir de la etapa M3. El mayor porcentaje de enraizamiento provino del material en la etapa M7 (el límite permitido para prevenir variaciones genéticas); sin embargo, para evitar pérdidas, parte del material se transfirió a partir de la etapa M4 al medio de enraizamiento. Las pérdidas fueron del 28%, y los porcentajes más altos se asociaron a plantas en mal estado (50% del total), seguidas de la contaminación bacteriana. En general, la eficiencia productiva estuvo determinada no solo por la cantidad de vitroplantas producidas, sino también por su calidad y costo, y los índices permitieron tomar decisiones informadas para corregir, mejorar o prevenir posibles riesgos.

Palabras clave: norma ISO 9001, eficacia, pérdidas, tasas de multiplicación.

ABSTRACT

A continuous improvement approach in the production of sugarcane vitroplants at the EEAOC

The Vitroplants Project of Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) began in 2001 and supplies high-quality “seed cane” (healthy, vigorous and with guaranteed genetic identity) to the farming sector. This is achieved with several biotechnological tools, including hydrothermotherapy, micropropagation and different molecular techniques. In 2016, the application of the ISO 9001 standard improved the production process by evaluating the effectiveness at each stage to achieve efficient use of human and material resources. The productive efficiency of sugarcane vitroplants during 2023 was analysed using multiplication rates, length at each subculture, percentage of material from each multiplication stage transferred to rooting, and percentages of losses. The average multiplication rate varied between 3.45 and 4.97, with maximum rates of 5 to 10.5 for different varieties. The multiplication rates per subculture per variety ranged between 3.34 and 4.86, with the highest rate in stage M2 and the lowest ones in the most advanced subcultures. In addition, the time in each subculture increased from stage M3. The

highest percentage of rooting came from material in stage M7 (the limit allowed to prevent genetic variations); however, to avoid losses, part of material was transferred after stage M4 to rooting medium. Losses were 28%, with the highest percentages were associated with plants in poor condition (50% of total), followed by bacterial contamination. Overall, productive efficiency was determined not only by the quantity of vitroplants produced, but also by their quality and cost, and the indices allowed informed decisions to be taken to correct, improve, or prevent possible risks.

Key words: thermo-vapor compressor, barometric condenser, water saving.

■ INTRODUCCIÓN

La EEAOC de Tucumán, Argentina, suministra “caña semilla” de alta calidad (sana, vigorosa y con identidad genética garantizada) al sector agropecuario desde el año 2001. Para producirla se utilizan diversas herramientas biotecnológicas, entre ellas la hidrotermoterapia, el cultivo de meristemas y la micropropagación (Pérez Ponce, 1998), así como diferentes técnicas moleculares que garantizan la sanidad y pureza genética (Díaz *et al.*, 2019).

En 2016, la implementación de la norma internacional de gestión de calidad ISO 9001 consolidó el proceso de producción y permitió alcanzar los objetivos planificados de la manera más eficiente. Esta implementación implica el registro de procesos, procedimientos, instrucciones de trabajo estandarizadas y planes de capacitación, entre otros elementos relacionados. Estos registros proporcionan evidencia para el control de todas las etapas y aspectos del ciclo de producción y permiten tomar decisiones informadas para corregir, mejorar o prever posibles riesgos. La eficacia se evalúa en cada etapa del proceso de producción, garantizando el uso eficiente de los recursos humanos y materiales. Por ello, se propuso analizar la eficiencia productiva de las vitroplantas de caña de azúcar en el laboratorio de la Sección de Biotecnología de la EEAOC durante la campaña 2023.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

— Eficiencia productiva

El esquema de producción de vitroplantas consta de cinco etapas que se numeran a continuación:

- Etapla 0:** Preparación del material donante
- Etapla 1:** Establecimiento del cultivo *in vitro* (M0)
- Etapla 2:** Multiplicación (M1 a M7)
- Etapla 3:** Enraizamiento (R)
- Etapla 4:** Aclimatación

Los indicadores que se contemplaron a fin de estimar la eficiencia productiva se detallan seguidamente:

- **Tasas de multiplicación (TM, por variedad y subcultivo):** número total de frascos obtenidos de un solo frasco y transferidos al subcultivo subsiguiente.
- **Duración de cada subcultivo de las etapas 2 y 3:** número de días transcurridos entre un subcultivo y el siguiente.
- **Porcentaje de material de cada subcultivo en**

la etapa de multiplicación, transferido a la etapa de enraizamiento: número de frascos de cada subcultivo transferidos a enraizamiento sobre el total de frascos enraizados * 100.

- **Promedio de plantas por frasco:** número de plantas en enraizamiento por frasco y por variedad.
- **Pérdidas:** número de frascos eliminados por hongos, bacterias, mal estado y alteraciones morfológicas respecto al total de frascos eliminados * 100.

— Análisis de datos

Se calcularon las estadísticas descriptivas con el programa Navure 1.2.0 (Navure, 2023).

— Estimación de la producción

Se consideraron la tasa promedio de multiplicación (AMR) de todas las variedades por subcultivo, el promedio de plantas por frasco (APJ) y el porcentaje de pérdida (L) para estimar la producción (PE) mediante la siguiente fórmula:

$$PE = AMR * APJ * (1-L)$$

Además, se consideró la duración de cada subcultivo para estimar la fecha de finalización del ciclo de producción.

■ RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasas de multiplicación

Las tasas promedio de multiplicación (MR) de cada variedad (para todos los subcultivos) se presentan en la Tabla 1. El índice promedio varió entre 3,45 y 4,97, con los índices máximos entre 5 y 10,5. Considerando el amplio rango de datos, también se incluyeron las medianas por variedad, ya que es una medida menos susceptible a valores extremos.

Las tasas de multiplicación promedio (MR) por subcultivo para las variedades evaluadas oscilaron entre 3,34 y 4,86, con el valor más alto en M2 (segundo subcultivo, 4,86). Los valores más bajos se obtuvieron en M6 (3,34), lo cual podría estar influenciado por el aumento de la cantidad de material en producción, que afectó la capacidad operativa.

— Duración de cada subcultivo

A partir de M3, el tiempo aumentó significativamente, también relacionado con el aumento del material

Tabla 1. Tasas de multiplicación por variedad en todos los subcultivos.

Variedad	N° de frascos	Tasa de multiplicación				
		Promedio	S.D.	Mín	Max	Mediana
LCP 85-384	29	3,93	1,69	2,25	10,5	3,43
TUC 95-10	15	3,55	1,20	2,00	5,00	3,00
TUC 00-19	40	3,45	1,11	0,50	7,00	3,24
TUC 00-22	14	4,97	1,87	1,50	8,78	4,91
TUC 00-65	51	4,05	1,41	0,50	7,00	3,93
TUC 03-12	109	3,83	1,50	0,50	9,00	3,50
TUC 06-7	102	4,28	1,30	0,38	9,00	4,20

disponible para transferir a medio fresco (Tabla 2). La duración promedio total del ciclo se estimó en 356 días.

Enraizamiento

Para evitar el deterioro del material debido al tiempo excesivo en el mismo subcultivo, se realizó el enraizamiento en los subcultivos iniciales antes de alcanzar la etapa M7 (Figura 1). El mayor porcentaje de enraizamiento se produjo en la etapa M7; sin embargo, también se transfirió material a partir de la etapa M4 en adelante.

Número promedio de plantas por frasco

El número promedio de plantas por frasco en la etapa de enraizamiento osciló entre 15,44 y 24,92 para las diferentes variedades, con un promedio de 18,65.

Pérdidas

La pérdida total fue del 28%. Las mayores pérdidas se asociaron con plantas en mal estado (por permanecer demasiado tiempo en el mismo medio), seguidas de la contaminación bacteriana, mientras que las alteraciones morfológicas de las plantas fueron insignificantes (Tabla 3).

Estimación de la producción

La fórmula utilizada para estimar la producción, basada en la duración de cada subcultivo, arrojó estimaciones similares a la producción de 2023. Por ejemplo, TUC 03-12 y TUC 06-7 fueron las variedades más solicitadas ese año. De la primera variedad, se solicitaron 20.000 plántulas, se produjeron 20.599 y la producción estimada a partir de los meristemas introducidos fue de alrededor de 23.000 plántulas. De la segunda variedad, se produjeron 17.630 plántulas, mientras que la producción estimada fue de 19.500.

Tabla 2. Promedio de duración de cada subcultivo.

Subcultivo		Días
Establecimiento	M0	32,08
	M1	33,79
Multiplicación	M2	33,73
	M3	41,00
	M4	48,10
	M5	43,47
	M6	44,83
	M7	38,67
	Enraizamiento	R
Total		356.63

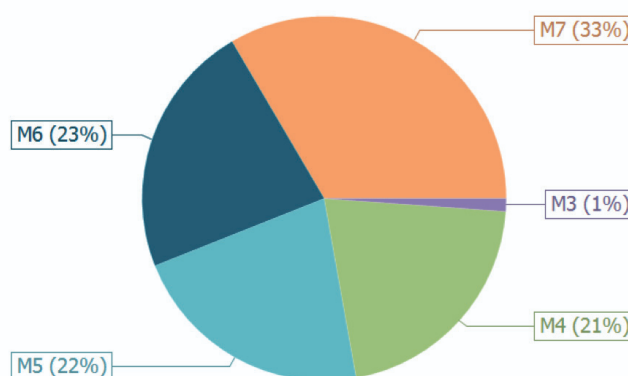


Figura 1. Proporción de material en cada subcultivo transferido a enraizamiento.

Tabla 3. Distribución de las pérdidas en la etapa de multiplicación.

Causa	Porcentajes	Total
Contaminación	Hongos	18,64
	Bacterias	30,21
Alteraciones morfológicas	Arrosetadas	0,78
	Quimeras	0,09
	Albinas	0,04
Mal estado	50,23	50,23

CONCLUSIONES

La estimación más precisa de la producción permitió mejorar la toma de decisiones, como el enraizamiento temprano, la implementación de medios de cultivo de mantenimiento o el aumento de la capacidad operativa.

La eficiencia de la producción no sólo depende de la cantidad de vitroplantas producidas, sino también de su calidad y costo. Esta eficiencia es consecuencia directa de un sistema de gestión que permite planificar y controlar la producción para lograr un producto final que satisfaga las necesidades de los productores cañeros.

■ AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a N. V. Paz y a M. P. Insaurralde Rocco por su importante apoyo técnico.

■ BIBLIOGRAFÍA CITADA

Díaz, M. E.; N. V. Paz; M. P. Insaurralde Rocco; M. F. Perera; A. P. Castagnaro and A. S. Noguera. 2019. The sugarcane Vitroplantas project of the Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colom-

bres (EEAOC, Tucumán, Argentina): production of healthy plantlets in the laboratory. Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists 30: 621-625,

Navure Team. 2023. Navure (1.2.0): A data-science-statistic oriented application for making evidence-based decisions. URL <http://www.navure.com>,

Norma ISO 9001. 2015. Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos.

Pérez Ponce, J. N. 1998. Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología, Instituto de biotecnología de las plantas: Santa Clara.